

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **10-003464**

(43)Date of publication of application : **06.01.1998**

(51)Int.Cl.

G06F 15/18

G06F 11/30

(21)Application number : **08-154205**

(71)Applicant : **FUJI FACOM CORP
FUJI ELECTRIC CO LTD**

(22)Date of filing : **14.06.1996**

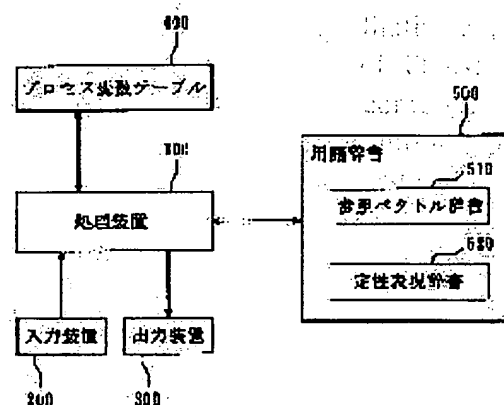
(72)Inventor : **TERASAKI TAKESHI**

(54) PROCESS STATE RECOGNITION METHOD AND DEVICE, DATA STORAGE DEVICE AND LEARNING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To output the time changing trend, etc., in a qualitative expression with similarity by using a reference vector dictionary and a qualitative expression dictionary.

SOLUTION: A reference vector dictionary 510 contains the component of every reference vector and the radius of an ignition area in its antecedent part and also contains the attribute value of every reference vector in its consequent part respectively. A qualitative expression dictionary 520 contains an attribute value string in its antecedent part and the changing trend of process data in its consequent part respectively. When the time series process data are inputted from a plant measuring point, a processor 100 extracts the feature about the changing trend of the process data. Then the processor 100 collates the feature (the attribute value string expressed in a class of the dictionary 510) which is extracted as the changing trend of the time series process data with the antecedent part of the dictionary 520. When the coincidence is secured in this comparison, the processor 100 outputs a qualitative expression of the consequent part to an output device 300 as the retrieval result. The data necessary for setting, changing and editing of the contents of a word dictionary 500 are inputted via an input device 200.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-3464

(43)公開日 平成10年(1998)1月6日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/18 11/30	5 5 0		G 0 6 F 15/18 11/30	5 5 0 E A

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平8-154205

(22)出願日 平成8年(1996)6月14日

(71)出願人 000237156

富士ファコム制御株式会社
東京都日野市富士町1番地

(71)出願人 000005234

富士電機株式会社
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72)発明者 寺崎 健

東京都日野市富士町1番地 富士ファコム
制御株式会社内

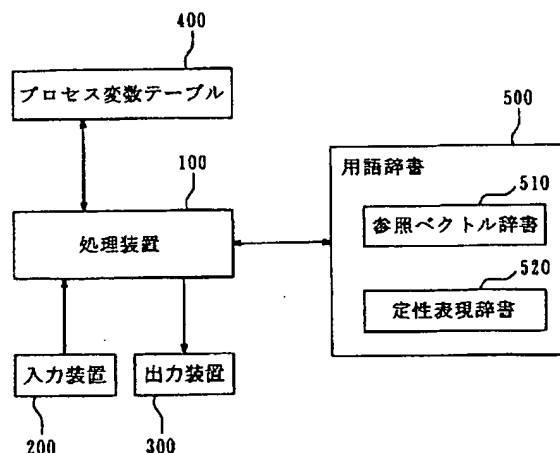
(74)代理人 弁理士 森田 雄一

(54)【発明の名称】 プロセス状態認識方法、プロセス状態認識装置及びデータ蓄積装置並びに学習装置

(57)【要約】

【課題】 プロセスの状態監視には、特殊なデータ解析や専門家の知識が必要である。プロセスデータの変化傾向の認識やその修正、変更、定性表現が困難であり、専門家にとって大きな負担となる。

【解決手段】 時系列プロセスデータの時間的な変化傾向に基づいて特徴ベクトルの列を生成する特徴抽出処理、前記特徴ベクトルに類似する参照ベクトルを検索するベクトル検索処理、前記参照ベクトルに対応するクラス列を特徴ベクトルクラス列としてこれに対応する定性表現を検索する定性表現検索処理、前期定性表現を類似度を付して出力する処理等を実行する処理装置100と、入力装置200及び出力装置300と、前期参照ベクトルが、対応するクラス及び発火領域半径と共に格納された参照ベクトル辞書510と、特徴ベクトルクラス列が、対応する定性表現と共に格納された定性表現辞書520とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 時系列プロセスデータの時間的な変化傾向に基づいて特徴ベクトルの列を生成する特徴抽出処理と、

この特徴抽出処理により得られた前記特徴ベクトルと参照ベクトル辞書内の複数の参照ベクトルとの類似度を計算し、類似度が高い参照ベクトルを検索するベクトル検索処理と、

このベクトル検索処理により得られた前記参照ベクトルに対応するクラスの列を特徴ベクトルクラス列として、この特徴ベクトルクラス列に対応する定性表現を検索する定性表現検索処理と、

この定性表現検索処理により得られた定性表現を類似度を付して出力する出力処理と、

を有することを特徴とするプロセス状態認識方法。

【請求項2】 請求項1記載の特徴抽出処理、ベクトル検索処理、定性表現検索処理及び出力処理を実行し、かつ、必要に応じて前記参照ベクトル及び定性表現の修正等の編集処理を実行する処理装置と、

前記各処理動作に伴う入力操作を行う入力装置と、

前記出力処理に使用される出力装置と、

前記ベクトル検索処理において特徴ベクトルと比較される参照ベクトルが、対応するクラス及び発火領域半径と共に格納された参照ベクトル辞書と、

前記特徴ベクトルクラス列が、対応する定性表現と共に格納された定性表現辞書と、

を備えたことを特徴とするプロセス状態認識装置。

【請求項3】 請求項2記載のプロセス状態認識装置の出力装置により出力された定性表現について、その通知日時と、当該定性表現のプロセス変数と、このプロセス変数の前記通知日時までの時系列プロセスデータの時間的な変化傾向に基づき生成される特徴ベクトルに関する情報と、当該定性表現に関する情報と、当該定性表現に代えて提示を希望する定性表現とを、通知履歴データとして蓄積することを特徴とするデータ蓄積装置。

【請求項4】 請求項3記載のデータ蓄積装置により蓄積された通知履歴データを用い、時系列プロセスデータの時間的な変化傾向に対して利用者の意図に一致した定性表現が得られるように、前記参照ベクトルの移動及び発火領域半径の修正を行う学習処理を実行することを特徴とする学習装置。

【請求項5】 請求項3記載のデータ蓄積装置により蓄積された通知履歴データを用い、時系列プロセスデータの時間的な変化傾向に対して利用者の意図に一致した定性表現が得られるように、前記参照ベクトルを自動的に生成する学習処理を実行することを特徴とする学習装置。

【請求項6】 請求項3記載のデータ蓄積装置により蓄積された通知履歴データを用い、時系列プロセスデータの時間的な変化傾向に対して利用者の意図に一致した定性表現が得られるように、前記参照ベクトルを自動的に消

滅させる学習処理を実行することを特徴とする学習装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラントの状態や制御状況等を監視するプラント状態監視システムや、プラントの状態制御を行うプラント状態制御システム等に適用されるプロセス状態認識方法、及び、この認識方法の実施に直接使用されるプロセス状態認識装置、データ蓄積装置並びに学習装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】近年、プラントの運転監視形態は、アナログ式のパネル計器を用いた運転監視から、分散形制御システムを用いる方向に変わりつつある。分散形制御システムによるプラントのプロセス監視は、プロセスの状態監視に関する専門的知識に精通した数人の熟練運転員によって行われるのが普通であるが、その専門的知識をもって異常兆候をとらえるべくすべてのプロセスデータを常時監視することは、一分散形制御システムが管理するプロセスデータの膨大さゆえに極めて困難である。

【0003】また、最近の熟練運転者の減少傾向は、プラントの運転監視形態の変化に拍車をかけていると思われる。プロセスデータの時間的な変化傾向とプロセス状態との関係についての専門的知識を非熟練者に修得させるとしても、相当の時間が必要である。

【0004】上記の点に鑑み、一般にこれらの専門的知識、例えばプロセスデータごとの時間的な変化傾向の捉え方を書類等の形式で予め整理しておくことが考えられる。しかし、一般にこれらの情報量は膨大であり、また、プロセスごとに生じる微妙な違いで変化傾向の捉え方が不適当であるときに、その都度、利用者自身が捉え方を任意に修正変更したりすることは難しいといった問題がある。

【0005】加えて、過去に獲得したプロセスデータの時間的な変化傾向の捉え方を再利用するためにも、書類などの何らかの形で記録しておかなくてはならないが、これらの記録作業には多くの労力が必要である。仮に、経験やノウハウに基づくプロセスデータの変化傾向の捉え方を知識ベースとして作成する場合でも、プロセスごとの微妙な違いが生じた場合、その都度、対象とするプロセスについて整理し直すことが求められ、これらは専門家にとって大きな負担となっている。特に、他の者に先駆けて最初にプロセスデータの変化傾向の捉え方を整理する専門家の負担は極めて大きなものであった。

【0006】なお、他の従来技術として、

(1) 特開平1-300397号公報

突変判定装置、レベル判定装置、不動判定装置を備え、これら三つの判定装置からのプロセス信号の変動特性を監視してプラントの異常を監視するプロセス信号多重監

視装置。

(2) 特開平6-20173号公報

プロセス状態値が時間経過に伴って変化していく様子を記号化情報として編集し表示出力するプロセス情報表示システム。

(3) 特開平3-25601号公報

制御系の入出力信号に基づき制御系の安定性を判別し、その判別結果に応じて制御系を調整すると共に、安定性判別手段に判別結果を適正化する学習機能を持たせたプロセス制御装置。

【0007】(4) 特開平3-166601号公報

プロセス状態の時系列な変化パターンの特徴量を曖昧な記号に変換する記号化部と、これを用いるプロセス制御装置等。

(5) 特開平5-52606号公報

プロセス状態量のヒストリカルデータを所定周期により抽出し、その変化パターンを文字列により表現して運転員に報告するプラント監視システム。

(6) 特願平7-87605号

プロセス状態認識方法、プロセス状態認識装置及びデータ蓄積装置並びに学習装置等が知られている。

【0008】しかるに、これらの従来技術は、いずれも本発明が目指す理想的なプラント状態監視またはプロセス状態認識の部分的な機能を有するのみであり、プロセス状態認識機能、プロセス状態を定性表現するための学習機能、学習のためのデータ蓄積機能等を一体的に結合させたものは未だに提供されていない。

【0009】本発明は、上述したようなプロセスデータの状態変化の監視に関する種々の問題を解決するためになされたもので、利用者に代わってプロセスデータの時間的な変化を監視すると共に、その変化傾向等を常時監視して異常兆候を早期に発見でき、また、対象とする領域固有の言葉により通知するべき定性表現の内容を設定変更することが可能であり、特殊なデータ解析や専門家の知識を必要とすることなく定性表現を抽出して利用者が希望する形で類似度付きの定性表現を出力することができるプロセス状態認識方法及びその実施に直接使用されるプロセス状態認識装置を提供しようとするものである。

【0010】更に、本発明は、上記プロセス状態認識方法の実施に直接使用される装置として、仮にプロセス変数ごとにプロセスデータの変化傾向が微妙に異なる場合でも、その変化傾向の把握に使用する参照ベクトル辞書や定性表現辞書の内容を学習処理により自動的に洗練可能とした学習装置、及び、この学習処理に使用されるデータを蓄積するデータ蓄積装置を提供しようとするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項1記載のプロセス状態認識方法は、時系列ブ

ロセスデータの時間的な変化傾向に基づいて特徴ベクトルの列を生成する特徴抽出処理と、この特徴抽出処理により得られた前記特徴ベクトルと参照ベクトル辞書内の複数の参照ベクトルとの類似度を計算し、類似度が高い参照ベクトルを検索するベクトル検索処理と、このベクトル検索処理により得られた前記参照ベクトルに対応するクラス（類似度がしきい値以上で、類似度の高い順から上位の任意個数を抽出）の列を特徴ベクトルクラス列として、この特徴ベクトルクラス列に対応する定性表現を検索する定性表現検索処理と、この定性表現検索処理により得られた定性表現を類似度を付して出力する出力処理とを有するものである。

【0012】請求項2記載のプロセス状態認識装置は、請求項1記載の特徴抽出処理、ベクトル検索処理、定性表現検索処理及び出力処理を実行し、かつ、必要に応じて前記参照ベクトル及び定性表現の修正等の編集処理を実行する処理装置と、前記各処理動作に伴う入力操作を行う入力装置と、前記出力処理に使用される出力装置と、前記ベクトル検索処理において特徴ベクトルと比較される参照ベクトルが、対応するクラス及び発火領域半径と共に格納された参照ベクトル辞書と、前記特徴ベクトルクラス列が、対応する定性表現と共に格納された定性表現辞書とを備えたものである。

【0013】これらの請求項1及び請求項2記載の発明においては、プラント等の測定点における時系列プロセスデータについてその時間的な変化傾向の数値化を逐次行い、そこで得られる特徴ベクトルに基づき時間的な変化傾向のクラス列（属性値列）を求め、このクラス列に基づいて変化傾向を表すのに適当な定性表現を辞書から検索する。そして、この検索結果に応じて、時系列プロセスデータの時間的な変化傾向を表す類似度付きの定性表現及び必要に応じて関連情報を出力装置から出力する。

【0014】請求項3記載のデータ蓄積装置は、請求項2記載のプロセス状態認識装置の出力装置により出力された定性表現について、その通知日時と、当該定性表現のプロセス変数と、このプロセス変数の前記通知日時までの時系列プロセスデータの時間的な変化傾向に基づき生成される特徴ベクトルに関する情報と、当該定性表現に関する情報と、当該定性表現に代えて提示を希望する定性表現とを、通知履歴データとして蓄積するものである。この発明では、請求項1及び請求項2の発明により出力される類似度付きの定性表現の通知時刻等の関連情報を学習用のデータとして蓄積する。

【0015】請求項4記載の学習装置は、請求項3記載のデータ蓄積装置により蓄積された通知履歴データを用い、時系列プロセスデータの時間的な変化傾向に対して利用者の意図に一致した定性表現が得られるように、前記参照ベクトルの移動及び発火領域半径の修正を行う学習処理を実行するものである。

【0016】請求項5記載の学習装置は、請求項3記載

10

20

30

40

50

のデータ蓄積装置により蓄積された通知履歴データを用い、時系列プロセスデータの時間的変化傾向に対して利用者の意図に一致した定性表現が得られるように、前記参照ベクトルを自動的に生成する学習処理を実行するものである。

【0017】請求項6記載の学習装置は、請求項3記載のデータ蓄積装置により蓄積された通知履歴データを用い、時系列プロセスデータの時間的変化傾向に対して利用者の意図に一致した定性表現が得られるように、前記参照ベクトルを自動的に消滅させる学習処理を実行するものである。

【0018】これら請求項4～6記載の発明では、請求項3のデータ蓄積装置により蓄積されたデータを用いて学習処理を実行し、定性表現の検索時に利用される参照ベクトル辞書内の参照ベクトルの移動、生成、消去並びに発火領域半径の更新を行う。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、図に沿って本発明の実施形態を説明する。まず、図1～図8に基づいて請求項1、2記載の発明の実施形態を説明する。図1はプロセス状態認識装置の構成を示しており、100は計算機からなる処理装置であって、プロセス状態認識プログラムを備えている。

【0020】500は用語辞書であり、この用語辞書500は参照ベクトル辞書510と定性表現辞書520とからなっている。参照ベクトル辞書510には、後述する図5に示すように参照ベクトルの成分と発火領域半径とを前件部に有し、各参照ベクトルの属性値（以下、クラスとも称し、データの変化具合を表すものとする）を後件部に有する複数の組み合わせが格納されている。なお、各クラスに属する参照ベクトルから算出したベクトル成分の重心も格納されている。

【0021】定性表現辞書520には、後述する図8(c)に示すように、前記属性値の列（以下、特徴ベクトルクラス列とも称す）を前件部に有し、プロセスデータの変化傾向を示す定性表現を後件部に有する組み合わせが多数格納されている。なお、定性表現辞書520の前件部において、特徴ベクトルクラス列の長さ（以下、クラス列定義長とも称し、特徴ベクトルクラス列を構成するクラスの個数を表すものである）に関する設定基準（最大数等）は利用者が任意に設定可能である。

【0022】再び図1に戻って、処理装置100は、プラントの測定点から時系列プロセスデータが入力されると、そのデータの変化傾向について特徴を抽出する処理を行い、時系列プロセスデータの変化傾向として抽出した特徴（参照ベクトル辞書510のクラスにより表現された属性値列）と定性表現辞書520との前件部とを照合し、両者が一致したら検索結果として後件部の定性表現を出力装置300に出力する。なお、用語辞書500の内容の設定や変更、編集処理に必要なデータは入力装

置200により入力される。

【0023】以下、処理装置100における処理の詳細を説明する。始めに、時系列プロセスデータの特徴抽出処理の詳細を、図2～図4に基づいて説明する。まず、連続量として得られる時系列プロセスデータの変化分（ dy/dt ）を離散化するため、プロセス変数の時系列データ $y(t)$ の、時刻 t と時刻 $(t-\Delta t)$ における値から時刻 t における差分値 e を数式1により求める。ここで、 Δt はプロセス変数ごとのサンプリング間隔である。

【0024】

【数1】 $e = y(t) - y(t - \Delta t)$

【0025】次に、上記差分値 e に基づいて前記変化分（ dy/dt ）についての定性値を求める処理を行う。まず、処理対象であるプロセスデータについて差分値 e の絶対値が、図2に示すプロセス変数テーブル400に設定されているしきい値 α_i の絶対値を超え、かつ、差分値 e が正の値であれば定性値として上昇[+]を与える。

【0026】また、差分値 e の絶対値がプロセス変数テーブル400に設定されているしきい値 α_i の絶対値を超え、かつ、差分値 e が負の値であれば定性値として下降[-]を与える。ここで、しきい値 α の数を増やせば定性値の種類を増やすことができる。なお、上述した上昇、下降以外の場合には、定性値を平衡[0]とする。例えば、時系列プロセスデータ $Y(t)$ が図3(a)のように変化する場合、変化分（ dy/dt ）の定性値は図3(a)の下段に示すようになる。

【0027】次に、上記処理により求めた時系列プロセスデータの変化分（ dy/dt ）に関する定性値について、時間経過に伴い連続して変化しなかった部分を、次の統合規則(1)～(3)に基づいて一つにまとめる処理を行う。なお、この処理の結果は図3(b)に示されている。

【0028】(1) 1個以上の連続した[+]は、その連続回数を後述の特徴ベクトルの生成処理に用いるために保持しておくと共に、一つの[+]とする。

(2) 1個以上の連続した[-]は、その連続回数を後述の特徴ベクトルの生成処理に用いるために保持しておくと共に、一つの[-]とする。

(3) 1個以上の連続した[0]は、その連続回数を後述の特徴ベクトルの生成処理に用いるために保持しておくと共に、一つの[0]とする。

【0029】次いで、変化分（ dy/dt ）についての定性値の符号の変わり目を図3(a)のごとく特徴点とし、図3(c)における $a_1 \sim a_n$ のように時系列プロセスデータの特徴点により分割されたベクトル系列により表現する。このベクトル系列は、例えば横軸方向が時間経過を表し、縦軸方向が時系列プロセスデータの値を表すようなユークリッド平面上で表現したものである。

【0030】ここで、特徴点は以下のような定性値の符号変化点とする。

- ・[+] → [-] : 上昇傾向から下降傾向への変化点
- ・[+] → [0] : 上昇傾向から不変(平衡、一定)への変化点
- ・[-] → [+] : 下降傾向から上昇傾向への変化点
- ・[-] → [0] : 下降傾向から不変(平衡、一定)への変化点
- ・[0] → [+] : 不変(平衡、一定)から上昇傾向への変化点
- ・[0] → [-] : 不変(平衡、一定)から下降傾向への変化点

【0031】上記のような定性値の符号変化点が検出された場合、今回特徴点として記録されていた時刻を前回特徴点の時刻として置き換えると共に、時刻($t - \Delta t$)を今回特徴点の時刻として保存する。併せて、今回値として記録されていた値を前回値に置き換え、時刻($t - \Delta t$)でのプロセスデータの値を今回値として保存する。

【0032】これらの各データの関係を示すと、以下のようになる。

- ・今回特徴点の時刻 → 前回特徴点の時刻
- ・時刻($t - \Delta t$) → 今回特徴点の時刻
- ・今回値 → 前回値
- ・時刻($t - \Delta t$)におけるプロセスデータの値 → 今回値

【0033】更に、特徴点と判別された場合、(プロセス値の)前回値と今回値とに基づいて、プロセスデータの特徴ベクトル(ΔX , ΔY)を作成する処理を行う。なお、今回特徴点の時刻と Δt ごとに変化する現時刻とに基づいて、直近の特徴ベクトルは逐次、作成される。

【0034】図4は、特徴ベクトルの作成過程を示している。以下の説明では、クラス列定義長の最大数が利用者により4と設定され、かつ、定性表現辞書520内の前件部に設定される特徴ベクトルクラス列の長さも最大数が4であるとする。

【0035】ここで、特徴ベクトルの一方の成分である ΔX は、今回特徴点の時刻と前回特徴点の時刻との差 Δt の、プロセス変数テーブル400に登録されている最大変化分設定値 ΔX^{100} (+方向の変化の場合)、または ΔX^{-100} (-方向の変化の場合)に対する比、特徴ベクトルの他方の成分である ΔY は、今回特徴点でのプロセスデータの値と前回特徴点でのプロセスデータの値との差 Δy の、プロセス変数テーブル400に登録されている最大変化分設定値 ΔY^{100} (+方向の変化の場合)、または ΔY^{-100} (-方向の変化の場合)に対する比である。つまり、プロセスデータの値は、参照ベクトル辞書の座標系を構成する Δx 成分と Δy 成分に、数式2に基づいてそれぞれリスケーリングされる。

【0036】

【数2】

$\Delta y \geq 0$ の場合

$$\Delta X = 100 \times \frac{\Delta t'}{\Delta X^{100}}$$

$$\Delta Y = 100 \times \frac{\Delta y}{\Delta Y^{100}}$$

$\Delta y < 0$

$$\Delta X = 100 \times \frac{\Delta t'}{\Delta X^{-100}}$$

$$\Delta Y = 100 \times \frac{\Delta y}{\Delta Y^{-100}}$$

【0037】図4(a)は図3(c)と同様に表現した特徴ベクトル列、図4(b), (c)は各ベクトル $a_1 \sim a_n$ につき $\Delta t'$ と Δy との関係を示した図、図4

(d)は最終的な特徴ベクトル(ΔX , ΔY)を示した図である。なお、この例では、 $\Delta X^{100} = 2$, $\Delta Y^{100} = 2$, $\Delta Y^{-100} = -2$, 0 となっている。

【0038】次に、図8(c)における用語辞書(定性表現辞書520)を利用した定性表現検索処理の詳細を説明する。この処理は、プロセス変数ごとに上記特徴抽出処理により生成した特徴ベクトル列と図5の参照ベクトル辞書510とを用いたベクトル検索処理と、その検索結果に応じて時系列プロセスデータの変化傾向を的確に表す定性表現を図8(c)の定性表現辞書520の中から検索する狭義の定性表現検索処理とから構成される。

【0039】まず、ベクトル検索処理についてその詳細を述べる。図5は、この処理において使用する参照ベクトル辞書510の例を示している。辞書の前件部には、ベクトル成分 ΔX , ΔY 及び円形発火領域の半径 r からなる参照ベクトル V_j ($j = 1, 2, \dots, n$)が多数定義されており、後件部では、それぞれの参照ベクトルが変化具合に応じてこの変化具合を表す属性値としてのクラスに分類されていると共に、当該クラスに属する参照ベクトルにより算出した重心が格納されている。なお、上記 j はインデックスであり、 n は参照ベクトル辞書510内に既に定義されている参照ベクトルの数である。

【0040】図6は、特徴ベクトルの成分 $\Delta X_{i1}, \Delta Y_{i1}$ ($i = 1, 2, \dots, m$)から、プロセスデータの変化傾向を示す属性値列(特徴ベクトルクラス列)を導出する過程を示している。なお、上記 i はインデックスであり、 m はクラス列定義長の最大値である。

【0041】ベクトル検索処理では、処理対象であるプロセス変数の特徴ベクトルと、図5の参照ベクトル辞書510内の参照ベクトルの成分との距離を計算することにより、類似度判定を行い、類似度の高い順に参照ベクトルを参照ベクトル辞書510から検索する。参照ベクトルは、同一の定性表現に分類されるものをいくつかまとめて一つのクラス(例えば、図5のクラス1に対応する定性表現としてクラス“急上昇”など)としている。

特徴ベクトルには、類似度が高い順に参照ベクトルが属するクラスを付加する。

【0042】図6では、特徴ベクトル $a_1 \sim a_4$ につき参照ベクトル辞書510を用いた類似度判定を行った結果、各特徴ベクトル a_1, a_2, a_3, a_4 がそれぞれ参照ベクトル $V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{14}$ に最も近いと判定され、これらの参照ベクトルの属するクラス5, 2, 5, 4が高適合度として付加されている。

【0043】次に、図7、図13、図14に基づいて上記類似度判定の内容を説明する。参照ベクトル辞書510の参照ベクトル V_i と各特徴ベクトル a_j との類似度判定を行うことで、各特徴ベクトル a_j にクラス適合度が高い順に最大 n （例えば2）個、クラスを割り当てる。

【0044】まず、特徴ベクトル a_j に対し最も近い重心点を持つクラスを m （例えば3）個選択する。次に、選択した各クラスに所属する参照ベクトル V_i の a_j に対する類似度 S_{ij} を求める。次に、各クラス C_k （例えばクラス8なら C_8 と記述）について、 a_j に対するクラス適合度 S_{jk} を求める。最後に、 a_j に対するクラス適合度 S_{jk} が高いクラスを n （例えば2）個選択し、これらの*20

$$d_{ij}(a_j, V_i) = \{(\Delta X_{ji} - \Delta X_{vi})^2 + (\Delta Y_{ji} - \Delta Y_{vi})^2\}^{1/2} \dots (1)$$

$$S_{ij} = \text{int}[100 \times \{1 - (d_{ij}/r_i)\}] \dots (2)$$

【0047】数式3において、 d_{ij} は図7、図13からわかるように参照ベクトル V_i と特徴ベクトル a_j の間のユークリッド距離である。また、類似度 S_{ij} には負値を許すものとする。なお、類似度の概念を図13

(b)に示す。

【0048】(2)クラス適合度 S_{jk} の導出

各クラスについて、特徴ベクトル a_j に対するクラス適合度 S_{jk} を求める。クラス k （ C_k と記す）に属するすべての参照ベクトルの類似度 S_{ij} を比較する。そして、 S_{ij} の最大値をクラス k の適合度 S_{jk} とする。具体例として、クラス2（ C_2 と記す）に属する参照ベクトルが三つあった場合、特徴ベクトル a_j に対する各参照ベクトルの類似度が20, 50, 0として算出されると、類似度として最大値50が特徴ベクトル a_j に対する C_2 のクラス適合度（ S_{j2} と記す）として割り当てられる。

【0049】(3)特徴ベクトルクラスの導出

特徴ベクトル a_j ごとに適合度の高い上位 n （例えば2）個のクラスを選択し、特徴ベクトルクラスは定性表現検索で用いる。

(a)特徴ベクトル

各 a_j に対して最も適合度の高かったクラスを特徴ベクトルクラス C^1 、2番目に適合度が高かったクラスを特徴ベクトルクラス C^2 とし、それらのクラスの適合度を S^1, S^2 と記述する。ここで、 C^1 は、適合度 S^1 が負値であってもその存在は許すが、 C^2 に関しては、適合度 S^2 が負値の場合、存在を認めないものとしておく。

【0050】例えば、特徴ベクトル a_j に対して、クラ

*クラスを a_j の所属するクラス（特徴ベクトルクラス C^1 、及び C^2 と称す）とする。この処理により、特徴ベクトル列に対応する特徴ベクトルクラス列が割り当てられる。

【0045】(1)類似度 S_{ij} の導出

各参照ベクトル V_i の特徴ベクトル a_j に対する類似度 S_{ij} は、参照ベクトル辞書510内に定義されている各参照ベクトル V_i の成分（ $\Delta X_{vi}, \Delta Y_{vi}$ ）と r_i の値、及び特徴ベクトル a_j の成分（ $\Delta X_{ji}, \Delta Y_{ji}$ ）を用いて、以下の数式3の(1)、(2)により計算する。

ここで、 r_i は円形発火領域半径とし、各参照ベクトル V_i に一つの発火領域半径を設定する。参照ベクトルの成分を中心座標とする点から半径 r_i の円で囲まれた領域内に特徴ベクトル a_j の成分（座標）が存在したとき、 a_j に対する V_i の類似度 S_{ij} は0以上の値となる。 a_j と V_i の座標（ $\Delta X_{ji}, \Delta Y_{ji}$ ）とが合致した時は、類似度 S_{ij} は最大値の100となる。

【0046】

【数3】

ス1（ C_1 と記す）の適合度が50、クラス2（ C_2 と記す）の適合度が15、クラス3（ C_3 と記す）の適合度が40、他のクラスの適合度が0であった場合、クラス1が C^1 の値、クラス3が C^2 の値となり、クラス1の適合度50が S^1 の値、クラス3の適合度40が S^2 の値となる。一方、特徴ベクトル a_2 に対して、クラス7（ C_7 と記す）の適合度が15、他のクラスの適合度が0であった場合、クラス7が C^1 の値、最大適合度である15が S^1 の値となる。他に適合度が0を超えるクラスが存在しないので、 C^2 の値と S^2 の値とは存在しない。

【0051】(b)特徴ベクトルクラスが微変の時の処理

C^n （ $n=1$ あるいは2）が微変を表すクラスの場合、特徴ベクトルクラス列の中にそのときの C^n は含めない。

【0052】(c)特徴ベクトルクラス列

以上の処理により各特徴ベクトル a_j に対する特徴ベクトルクラス C^1, C^2 が求められ、特徴ベクトル列により表されていたプロセスデータの挙動は「特徴ベクトルクラス列」として表現することが可能になる。この処理により、特徴ベクトル列に対応する複数個の特徴ベクトルクラス列が得られる。実施形態に即して言えば、特徴ベクトル列（ a_1, a_2, a_3, a_4 ）に対応する特徴ベクトルクラス列（5254）、（5354）、（5251）、（5351）を得ることができる。

【0053】次に、狭義の定性表現検索処理につき、その詳細を述べる。この処理では、時系列プロセスデータ

の特徴ベクトルクラス列と一致する前件部を定性表現辞書520の中から検索し、この前件部に対応する後件部から時系列プロセスデータの変化傾向を的確に表す定性表現を検索する。

【0054】図8はこの処理手順の過程を示したものである。まず、前記特徴抽出処理で得た時系列プロセスデータの特徴ベクトル列(図8(a))に基づいて生成した特徴ベクトルクラス列(図8(b))を、定性表現辞書520(図8(c))の前件部に照合する。そして、合致するものがある場合には、その前件部に対応して定義された後件部の定性的表現を取り出す。

【0055】次に、特徴ベクトルクラス列に一致した定性表現を検索する。特徴ベクトルクラス列は、あるプロセスデータの特徴ベクトルクラスを現時点から過去に向かって連続的に並べたものである。但し、一つの特徴ベクトルクラスは最大 n 個(例えば C^1, C^2 の2個)まで取り得るものとする。よって、特徴ベクトル列は一通りであるのに対し、特徴ベクトルクラス列は図6のように一通り以上、生成することができる。

【0056】(a)特徴ベクトルクラス列の生成基準
特徴ベクトルクラス列の生成時、必要以上に多い特徴ベクトルクラス列の生成を防ぐために、基準を設ける。例えば、 C^1 だけを使えば特徴ベクトルクラス列は一通りしか生成されない。どれか一カ所の特徴ベクトルについてのみ C^1, C^2 を考慮したなら、特徴ベクトルクラス列は二通り生成できる。図6の例では二カ所の特徴ベクトルについて C^1, C^2 を考慮しているから、四通りの特徴ベクトルクラス列が生成されている。ここでは、 C^1 をクラス列の二カ所で考慮に入れ、生成される特徴ベクトルクラス列の数を四通りに制限した例を示している。

【0057】まず、 C^1 を考慮に入れる特徴ベクトルクラスの位置(a_i のインデックス i)の選択基準を、適合度 S^1 と S^2 との差が小さい位置とする。次に、生成された各特徴ベクトルクラス列について、各クラス列を構成するクラスの中に微小変化を表すクラスがあった場合、当該クラス列に代えて微小変化クラスを除いたクラス列をクラス列辞書照合処理に用いる。例えば、獲得した特徴ベクトルクラス列が(9294)であり、微小変化を表すクラスが9であった場合、クラス列辞書との照合処理に用いるクラス列は(24)とする。併せて、クラス列辞書に登録するクラス列には、微小変化を表すクラスを含めない。

【0058】(b)特徴ベクトルクラス列とクラス列辞書との照合処理

このような方法によって生成/選択された特徴ベクトルクラス列を使い、次に特徴ベクトルクラス列辞書(以下、クラス列辞書とも称す)との照合処理を行なう。クラス列辞書には、プロセスデータの挙動パターンを表すクラス列が定義されている。この辞書に登録されている

クラス列は、その挙動パターンに相応しい定性表現が図8(c)のように登録されている。もし、生成した特徴ベクトルクラス列(現時点から、または利用者指定の時点から過去へ任意個数)とクラス列辞書に登録されているクラス列とが一致した場合には、そのクラス列に関係付けられている定性表現が利用者に提示されることになる。

【0059】(c)定性表現検索処理

定性表現検索の処理手順は、次の通りである。まず、生成した特徴ベクトルクラス列の中から一つ抜き出して(図8では(5254))それを照合対象とする。なお、以下の処理は生成した全ての特徴ベクトルについて同様に行なうものとする。特徴ベクトル列は、ベクトル検索処理によってクラス列に置き換えられているので、そのクラス列の現時刻側から定性表現辞書との照合を行なう。クラス列に対して複数の定性表現が一致した場合は、最も長期的な傾向(定性表現辞書内部の特徴ベクトルクラス列の長さが最も長いもの)に関する定性表現を選択する。

【0060】(1)クラス列辞書との照合

生成した特徴ベクトルクラス列を、クラス列辞書に照合する(クラス列辞書は特徴ベクトルクラスと定性表現の組みを集めたもの)。まず、特徴ベクトルクラス列から部分クラス列を導く。部分クラス列は特徴ベクトルクラス列の内、現時点から過去に向かって連続的に並べたクラスの列で、その長さ(クラス列を構成するクラスの数)は、一つだけのものから最大定義長分の長さを持つものまで用意してある。最大定義長とは、クラス列辞書に登録可能なクラス列の長さの最大値(例えば、8)である。

【0061】図8には、最大定義長が4で、特徴ベクトルクラス列(5254)について照合を行なう例を示している。特徴ベクトル列(5254)から生成される4つの部分のクラス列について各々がクラス列辞書内容と照合を行ない、一致した部分クラス列については、辞書内のクラス列に関係付けされている定性表現が割り当てられる。

【0062】(2)定性表現の獲得

クラス列辞書内に定義されているクラス列と合致した部分クラス列のうち、最も長い部分クラス列について関係付けられた定性表現を獲得し出力とする。

(3)適合度の演算

この時、選択した(長さが最長の)クラス列を構成する各クラスに付加されたクラス適合度を用い、定性表現(出力)のデータ挙動に対する適合度を計算して、定性表現と併せて出力する。

【0063】選択したクラス列についての定性表現の適合度は、選択した部分クラス列を構成するクラスが持つクラス適合度の総和を当該部分クラス列の長さ(定義長)で平均した値とする(図8(d)の例では「52

5」が選択されたことになる)。なお、特徴ベクトルクラス列に合致する定性表現辞書520の前件部が複数個存在する場合には、例えば、定性表現辞書520内でクラス列の定義長が最も長い特徴ベクトルクラス列と一致したものを選択する(図8(d))などの選択基準を用いて決定する。

【0064】以上の処理により、前記特徴抽出処理で生成した時系列プロセスデータの特徴ベクトル列及び特徴ベクトルクラス列から、時系列プロセスデータの変化傾向を表す定性表現を定性表現辞書520の中から検索することができる。

【0065】次に、用語辞書編集処理について、その処理の詳細を示す。この実施形態の用語辞書編集処理では、利用開始前にプロセス変数の基本的な変化パターンを初期の用語辞書内容として登録することができ、また、既に登録されている内容を適宜、修正変更することができるようにしている。まず、参照ベクトル辞書510を対象とした編集処理では、参照ベクトルの成分($\Delta X_{i1}, \Delta Y_{i1}, r_{i1}$)及び、そのベクトルの属するクラスを設定変更することで、参照ベクトル辞書510を

作成することができる。

【0066】加えて、この処理では、利用者が後述する学習装置を用いた参照ベクトル辞書510内のデータの修正、つまり学習処理を要求することができる。そして、定性表現の用語辞書520を対象とした編集処理では、特徴ベクトルクラス列 a_i 及びそれに対応する定性表現を利用者が設定変更することで、定性表現辞書520を作成することができる。

【0067】このように第1及び第2の発明では、プラント内の測定点から得られる時系列プロセスデータについて、そのデータの変化傾向を特徴ベクトル列(a_1, a_2, \dots)として捉え、さらに、特徴ベクトル列と参照ベクトル辞書510の各参照ベクトルとの類似度判定を行なうことで、時系列プロセスデータの特徴ベクトルクラス列を生成し、この特徴ベクトルクラス列を利用して定性表現辞書520を検索することで、時系列プロセスデータの変化傾向を的確に表す定性表現を検索可能である。

【0068】次に、図9～図11に基づいて請求項3記載の発明の実施形態を説明する。図9は、請求項3記載の発明に係わるデータ蓄積装置の構成を示している。請求項2記載の発明に係わるプロセス状態認識装置により選択された、時系列プロセスデータの変化傾向を表す定性表現が出力装置300より出力された後、運転オペレータ等の利用者により上記定性表現が誤っていたことが通知されたとする。このとき、入力装置200を介して上記定性表現が誤っていた旨の修正入力が行なわれると、誤りであると指定された定性表現、通知された日時、プロセス変数名、利用者が望む正しい定性表現等が処理装置100により作成され、学習処理に利用される通知履歴データ600に追加蓄積される。

【0069】以下、前記同様にクラス列定義長の最大数が利用者によって既に4と設定されているものとして説明する。図10は用語辞書500の修正手段の例である。請求項2の発明のプロセス状態認識装置における処理装置100により生成された特徴ベクトル(a_1, a_2, a_3, a_4)が特徴ベクトルクラス列(5252)であり、運転オペレータ等の利用者が入力装置200を介して、提示を望む正しい定性表現に選択した場合、次のような修正処理を行なう。

【0070】(1) 修正方法1

クラス列(5252)が定性表現辞書520内に未定義であった場合に定性表現辞書520内に新規にクラス列(5252)を挿入し、それに対応する定性表現(定常3)を設定する。

(2) 修正方法2

クラス列(5252)は定性表現辞書520内に定義されているが、設定されている定性表現が(ハンチング)となっていて利用者が提示を希望する定性表現(定常3)とは異なる場合で、かつ、定性表現辞書520内の定性表現の変更を利用者が選択した場合、定性表現辞書520内で前記設定済みの定性表現(ハンチング)を利用者が希望する定性表現である(定常3)に書き換える。

【0071】(3) 修正方法3

クラス列(5252)は定性表現辞書520内に定義されているが、設定されている定性表現が(ハンチング)となっていて利用者が提示を希望する定性表現(定常3)とは異なる場合で、かつ、定性表現辞書520内の定性表現の変更を利用者が選択しなかった場合、後述する学習装置によって参照ベクトル辞書510の内容を更新する。前記通知履歴データ600の一部を図11に示す。このような通知履歴データ600が蓄積されることにより、次に述べるように用語辞書500の更新に利用できることとなる。

【0072】次に、図12に基づいて請求項4記載の発明の実施形態を説明する。図12は請求項4記載の発明に係わる学習装置の構成を示している。この学習装置における処理装置100は、請求項3の発明に係わるデータ蓄積装置によって蓄積される通知履歴データ600と、データベース700に蓄積してある、プラントの計測点から過去に得られた時系列プロセスデータとを用いて、用語辞書500の内容を修正する学習プログラムを備えている。

【0073】以下、処理装置100により行なわれる学習処理について説明する。請求項2の発明に係わるプロセス状態認識装置の処理装置100が行なう用語辞書編集処理にて学習処理の要求があった際、参照ベクトル辞書510内のデータを修正し、特徴ベクトル列に対して望ましいクラスが付加されるようにする。

【0074】仮に、図11において利用者が選択した修

正方法3の通知履歴データ600に登録されているプロセス変数名の時系列プロセスデータについて、同じく前記通知履歴データ600に登録されている通知日時以前のプロセスデータから、請求項1及び2の発明を使って生成した特徴ベクトル列を $A(a_1, a_2, a_3, \dots)$ 、生成ベクトルクラス列(以後、特徴ベクトル列Aに対して請求項1及び2の発明が付加したクラス列であることを明記する場合に、こう呼ぶものとする。)を $P(p_1, p_2, p_3, \dots)$ 、一方、利用者がAの挙動として表現を望む特徴ベクトルクラス列を $Q(q_1, q_2, q_3, \dots)$ とすると、具体的な参照ベクトルの移動処理手順は、次の通りである。

【0075】(1) 特徴ベクトル列Aと生成ベクトルクラス列Pとを用意する。この際、Aを構成するベクトルの数とPを構成するクラス数は、この処理の開始時点において利用者が既に設定しているクラス列定義長の最大数以上の数である。この実施形態においてはその最大数が4であり、かつAのベクトル数とPのクラス数が4とする。

【0076】(2) 通知履歴データ600内の望ましい定性表現を基に、その定性表現と対(ペア)をなしているクラス列を定性表現辞書520内から抽出し出力装置300に表示する。

(3) 表示されたクラス列の中から、時系列プロセスデータの挙動(Aの挙動)として望ましい表現のクラス列Qを利用者が指定する。

【0077】(4) クラス列PとQを比較し、両クラス列の中で異なるクラスの部分に対して、以下の処理を行なう。例えば $P(p_1, p_2, p_3, p_4)$ が(5252)であり、 $Q(q_1, q_2, q_3, q_4)$ が(5153)である場合、異なるクラスの部分である $(p_2 \text{ と } q_2)$ 及び $(p_4 \text{ と } q_4)$ について、以下の学習処理を行なう。

【0078】(5) p_i, q_i の各クラスに属する参照ベクトル V_i の中で特徴ベクトル a_i に対し最も類似度が高い(Sが最大の)ものをそれぞれ一つ、合計2つ用意する。ここで、 d^2 の算出は数式4、類似度Sの算出は数式5による。なお、数式5において、 r_i は各参照ベクトルの持つ発火領域の半径である。

【0079】

【数4】 $d^2(a_i, V) = (\Delta X_{i1} - \Delta X_{v1})^2 + (\Delta Y_{i1} - \Delta Y_{v1})^2$

【0080】

【数5】

$S(a_i, V) = \text{int}[100 \times \{1 - (d/r_i)\}]$

【0081】(6) 用意されたベクトルについて、クラス p_i に属し、かつ、特徴ベクトル a_i に最も近い参照ベクトル $V_i(\Delta X_{i1}, \Delta Y_{i1})$ とし、一方、クラス q_i に属し、かつ、特徴ベクトル a_i に最も近い参照ベクトルを $V_i(\Delta X_{i1}, \Delta Y_{i1})$ とする。

(7) a_i に対する類似度 S_i と S_v について、 V_i (誤

り)よりも V_v (正解)の方が高くなるまで図15の要領にて、数式6の処理を繰り返す。

【0082】

【数6】 $\Delta X_{i1} = \Delta X_{i1} - \alpha(1 - S_{i1})(\Delta X_{i1} - \Delta X_{v1})$

$\Delta Y_{i1} = \Delta Y_{i1} - \alpha(1 - S_{i1})(\Delta Y_{i1} - \Delta Y_{v1})$

$\Delta X_{v1} = \Delta X_{v1} + \alpha(1 - S_{v1})(\Delta X_{i1} - \Delta X_{v1})$

$\Delta Y_{v1} = \Delta Y_{v1} + \alpha(1 - S_{v1})(\Delta Y_{i1} - \Delta Y_{v1})$

$r_{i1} = \gamma \times r_i$

$r_{v1} = \beta \times r_v$

【0083】なお、数式6において処理終了条件は $S_i > S_v$ とする。また、 α, β, γ は学習パラメータとして予め設定されている修正率である。この結果、学習処理により参照ベクトル辞書510の内容は新しいものに自動修正されることになる。

【0084】このため、利用者は直接的に参照ベクトル辞書510を更新する必要がなくなり、請求項3の発明によって通知履歴データ600が蓄積され、この通知履歴データ600を用いた学習処理により参照ベクトル辞書510を改善することができる。従って、類似度判定により特徴ベクトル列に対して最適なクラスが付加されることになり、特徴ベクトルクラス列に応じた定性表現も定性表現辞書520によって別ものに更新されることになる。

【0085】次に、図12に基づいて請求項5記載の発明の実施形態を説明する。この実施形態の構成も図12と同様であり、以下、処理装置100により行なわれる学習処理について説明する。請求項2の発明に係わるプロセス状態認識装置の処理装置100が行なう用語辞書編集処理にて学習処理の要求があった際、参照ベクトル辞書510内のデータを修正し、特徴ベクトル列に対して望ましいクラスが付加されるようにする。

【0086】仮に、図11において利用者が選択した修正方法3の通知履歴データ600に登録されているプロセス変数名の時系列プロセスデータについて、同じく前記通知履歴データ600に登録されている通知日時以前のプロセスデータから、請求項1及び2の発明を使って生成した特徴ベクトル列を $A(a_1, a_2, a_3, \dots)$ 、生成ベクトルクラス列を $P(p_1, p_2, p_3, \dots)$ 、一方利用者がAの挙動として表現を望む特徴ベクトルクラス列を $Q(q_1, q_2, q_3, \dots)$ とすると、具体的な参照ベクトル生成の処理手順は、次の通りである。

【0087】学習処理において、誤りクラスと正解クラスから一つずつ、修正対象とする参照ベクトルを選択した後、学習に入る前に次の条件が満たされているならば、参照ベクトル生成処理を行なう。図16に示すように、正解クラスに属する修正対象の参照ベクトル(正解ベクトルと称す) $v_i(\Delta X_{i1}, \Delta Y_{i1})$ と特徴ベクトル(正解ベクトル学習目標) $a_i(\Delta X_{i1}, \Delta Y_{i1})$ との間の距離dがしきい値 $\phi_i \cdot r_i$ 以上の値である場合、特徴ベクトルの位置に正解クラス所属の新たな参照ベクトルを生成す

17

る。ここで ϕ_1 は、正解ベクトルのもつ発火領域半径 r_0 に対する距離 d の比である。この距離 d 及びしきい値 ϕ_1 を数式7に示す。なお、参照ベクトルの新規生成の後、学習処理は行わずに終了する。

【0088】

【数7】 $d = \{(\Delta X_0 - \Delta X_1)^2 + (\Delta Y_0 - \Delta Y_1)^2\}^{1/2}$
 $\phi_1 = 1.4$

【0089】新たに生成するベクトルは、そのベクトルの成分 $(\Delta X_{0...n}, \Delta Y_{0...n})$ を特徴ベクトルの成分 $(\Delta X_0, \Delta Y_0)$ と同一とし、数式8に示すように、発火領域半径 $r_{0...n}$ を正解ベクトル v_0 のもつ発火領域半径 r_0 の ϕ_2 倍の値とする。

【0090】

【数8】 $\phi_2 = 0.4$
 $\Delta X_{0...n} = \Delta X_0$
 $\Delta Y_{0...n} = \Delta Y_0$
 $r_{0...n} = \phi_2 r_0$

【0091】次に、図12に基づいて請求項6記載の発明の実施形態を説明する。この実施形態の構成も図12と同様であり、以下、処理装置100により行なわれる学習処理について説明する。請求項2の発明に係わるプロセス状態認識装置の処理装置100が行なう用語辞書編集処理にて学習処理の要求があった際、参照ベクトル辞書510内のデータを修正し、特徴ベクトル列に対して望ましいクラスが付加されるようにする。

【0092】仮に、図11において利用者が選択した修正方法3の通知履歴データ600に登録されているプロセス変数名の時系列プロセスデータについて、同じく前記通知履歴データ600に登録されている通知日時以前のプロセスデータから、請求項1及び2の発明を使って生成した特徴ベクトル列を $A(a_1, a_2, a_3, \dots)$ 、生成ベクトルクラス列を $P(p_1, p_2, p_3, \dots)$ 、一方利用者が A の挙動として表現を望む特徴ベクトルクラス列を $Q(q_1, q_2, q_3, \dots)$ とすると、具体的な参照ベクトル消滅の処理手順は、次の通りである。

【0093】正解ベクトルと誤りベクトルの修正（学習）が完了した後、各ベクトルについて、発火領域半径 r の値が極端に小さくなった場合、あるいは、同じクラスに所属する他の参照ベクトルと極端に近くなってしまった場合に、参照ベクトルの消滅／更新を行なう。

【0094】(1) 発火領域半径 r 基準による消滅（図17(b)）

学習処理対象であった参照ベクトル（誤りベクトル $v_{0..}$ 、正解ベクトル v_0 ）の各々について、学習処理後の発火領域半径 $(r_{0..}, r_0)$ がしきい値 ϕ_1 以下となった場合 $(r \leq \phi_1)$ に、当該参照ベクトルを参照ベクトル辞書から除く。ここで、 $\phi_1 = 0.1$ とする。

【0095】(2) 類似度基準 $S_{0..}$ による消滅／更新（図17(c)）

同じく学習処理対象であった参照ベクトルの各々につい

18

て、学習処理後の誤り（正解）ベクトルの発火領域内に誤り（正解）クラス所属の他の参照ベクトル $v_{0..}$ （ $v_{0..}$ が存在し、 $v_{0..}$ の v_0 に対する類似度 $S_{0..}$ （ r_0 を基準として求める値）しきい値 ϕ_1 （以下の数式9に例示）以上となった場合 $(S_{0..} \geq \phi_1)$ 、 $v_{0..}$ の成分の更新および v_0 の参照ベクトル辞書からの消滅を行なう。

【0096】

【数9】 $\phi_1 = 0.95 \times \text{類似度最大値の} 100$

$S_{0..} = \text{int}[100 \times \{1 - (d_{0..} / r_0)\}]$
 $\Delta X_{0...n} = \Delta X_0 + \eta \{r_{0..} / (r_{0..} + r_0)\} (\Delta X_{0..} - \Delta X_0)$
 $\Delta Y_{0...n} = \Delta Y_0 + \eta \{r_{0..} / (r_{0..} + r_0)\} (\Delta Y_{0..} - \Delta Y_0)$
 $r_{0...n} = \max(r_{0..}, r_0)$

【0097】なお、 $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4, \eta$ の値は全プロセス変数にて共通とする。これにより、時系列プロセスデータの時間的変化傾向を自動的に認識できるようになり、利用者の負担が大幅に軽減される。

【0098】

【発明の効果】以上のように請求項1及び請求項2の発明は、処理装置が導出した時系列プロセスデータのクラス列と一致する前件部を定性表現の用語辞書から検索してその後件部に記述されている定性表現を検索結果として出力することで、時系列プロセスデータの変化傾向を表すにふさわしい定性表現を利用者に提供するものである。また、一つの時系列プロセスデータの挙動に関して、複数の定性表現を出力することを可能とし、加えて前記定性表現の各々に前記データ挙動に対する表現上の合致の度合を表す表現適合度を付加することで、出力に対する信頼性を向上させるものである。

【0099】また、請求項3の発明は、請求項2の発明のプロセス状態認識装置から出力される定性表現について、運転オペレータ等の利用者がプロセス状態認識結果の正誤を指摘することにより、正しく通知されるべき定性表現やその通知された通知時刻等を学習用データとして蓄積するものである。

【0100】そして、請求項4～6の発明は、請求項3の発明により蓄積された上記学習用データを用いて学習処理を実行することにより、用語辞書の内容を改善して洗練化し、以後のプロセス状態の認識に役立てるものである。

【0101】従って、これらの発明によれば、多数のプロセスデータを監視する際に必要である変化傾向を把握するための膨大な量の知識を書類等により記憶しておかなくても、自動的に変化傾向を認識し、分かりやすい表現でその認識結果を提供することができる。このため、利用者の負担が軽減され、特殊なデータ解析や専門家の知識も不要になる。また、学習機能によりプロセスデータの変化傾向を表す表現を推定する際のノウハウや、プラント毎に生じる微妙な違いを吸収することができ、し

かも定性表現検索に誤りがあった場合には、定性表現の修正や検索に用いた用語辞書の内容の修正を容易に行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項2の発明の実施形態に係わるプロセス状態認識装置の構成図である。

【図2】プロセス変数テーブルの説明図である。

【図3】プロセス状態認識装置による特徴抽出処理過程の説明図である。

【図4】プロセス状態認識装置による特徴ベクトルの成分導出過程の説明図である。

【図5】参照ベクトル辞書の説明図である。

【図6】プロセス状態認識装置による特徴ベクトルクラス列導出過程の説明図である。

【図7】特徴ベクトルと参照ベクトルとの間の距離dの説明図である。

【図8】プロセス状態認識装置による定性表現検索処理過程の説明図である。

【図9】請求項3の発明の実施形態に係わるデータ蓄積装置の構成図である。

【図10】用語辞書の修正方法の説明図である。

【図11】蓄積された通知履歴データの説明図である。*

*【図12】請求項4の発明の実施形態に係わる学習装置の構成図である。

【図13】類似度の概念の説明図である。

【図14】特徴ベクトルクラスの導出過程の説明図である。

【図15】学習による参照ベクトルの移動過程の説明図である。

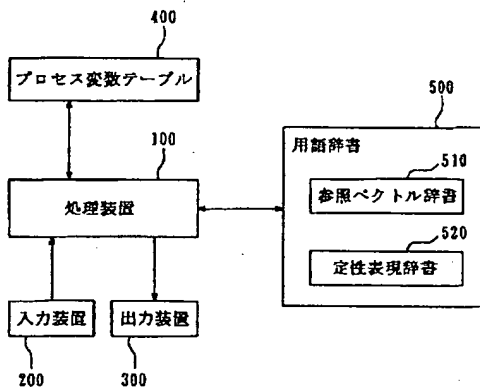
【図16】学習による参照ベクトルの生成過程の説明図である。

【図17】学習による参照ベクトルの消滅過程の説明図である。

【符号の説明】

100 処理装置
200 入力装置
300 出力装置
400 プロセス変数テーブル
500 用語辞書
510 参照ベクトル辞書
520 定性表現辞書
600 通知履歴
700 データベース

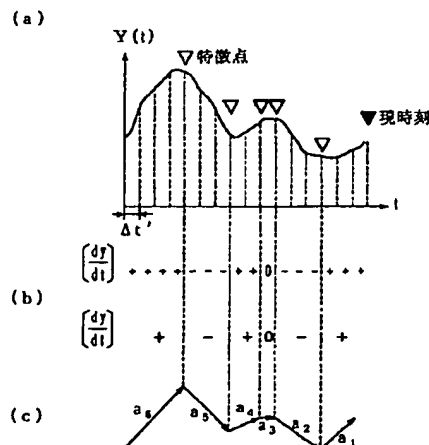
【図1】



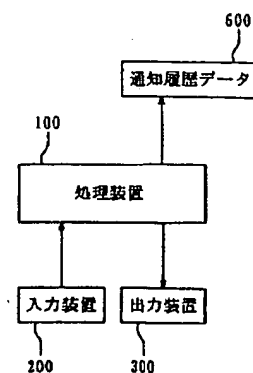
【図2】

プロセス名称	しきい値		ΔX^{100}	ΔX^{-100}	ΔY^{100}	ΔY^{-100}
	α_1	α_2				
レベル	0.1	-0.1	2.0	-2.0	2.0	-2.0
流量	5.0	-5.0	100.0	-100.0	100.0	-100.0
...

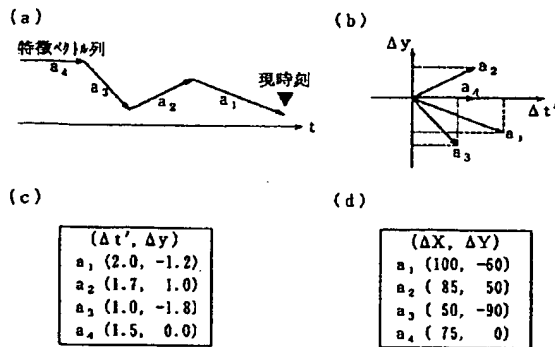
【図3】



【図9】



【図4】

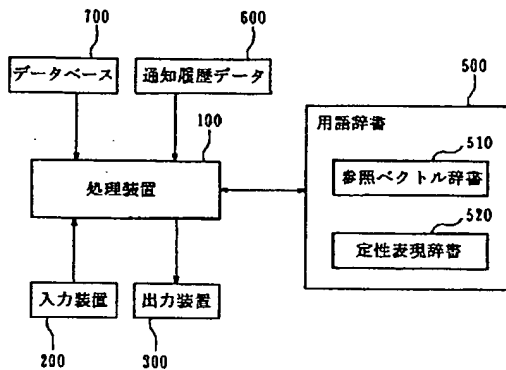


【図5】

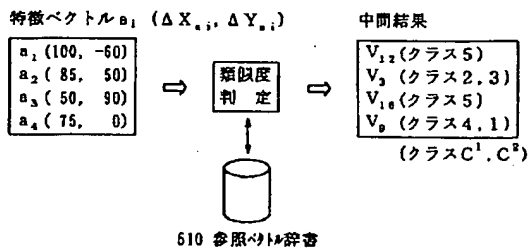
510 参照ベクトル辞書

参照ベクトル名	成分			後件部 クラス
	ΔX	ΔY	r	
重心	20	67.5	—	1
V_1	20	80	20	
V_2	20	55	15	
重心	53.3	41.7	—	2
V_3	65	75	20	
V_4	65	26	10	
V_5	40	25	15	3
重心	6.7	0	—	
V_6	5	15	5	
V_7	15	0	15	4
V_8	5	-15	10	
重心	56.7	1.7	—	
V_9	45	5	15	5
V_{10}	60	-5	15	
V_{11}	65	5	10	
重心	30	-15	—	6
V_{12}	45	-45	20	
...	
重心	—	6
...	
...	

【図12】



【図6】



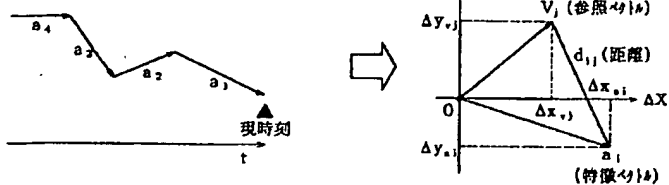
【図11】

600 通知履歴データ

通知日時	プロセス変数名	修正方法指定	望ましい定性表現
10:12 15:01:20	35	1	下降中
10:12 15:59:50	81	3	定常3
...

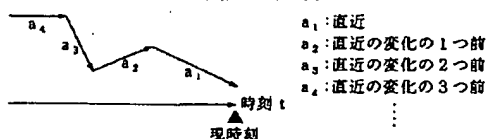
【図7】

時系列プロセスデータの特徴ベクトル列



【図8】

(a) 時系列プロセスデータの特徴ベクトル列



(b) 時系列プロセスデータの特徴ベクトルクラス列

クラス列 4 → 5 → 2 → 5
 a_4 a_3 a_2 a_1 (現時刻での最新クラス)
 適合度 [40] [90] [80] [70]

(c) 用語辞書 (定性表現辞書520)

前件部					後件部	
特徴ベクトル					定義表	定性表現
a_1	a_2	a_3	a_4	...		
1	2	—	...	...	2	急上昇
4	—	...	...	...	3	平衡→急上昇
2	...	4	...	...	4	上昇中
...						
6	—	...	...	...	1	下降中
2	—	...	...	...	2	上昇→下降
5	—	...	...	...	3	定常2
6	—	...	...	...	1	急降下

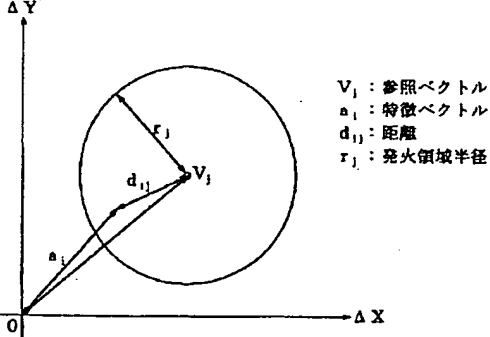
(d) 用語辞書の照合例

定義長	短期	長期	定性表現	表現適合度
1	5	—	下降中	[70]
2	5 2	—	上昇→下降	[75]
3	5 2 5	—	定常2 <通知>	[80]
4	5 2 5 4	—	(未定義)	

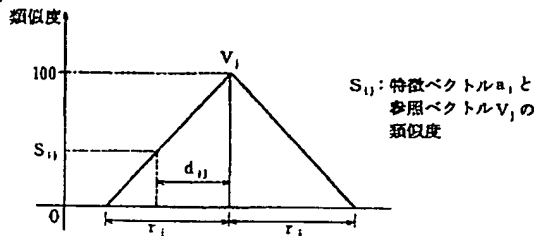
出力: 定常2 [80]
 表現適合度 = $\frac{70+80+90}{3} = 80$

【図13】

(a)



(b)



【図10】

<修正方法1>

a_1	a_2	a_3	a_4	定性表現
5	1	—	—	山型
—	—	5	2	定常3
2	—	—	—	山型
6	—	—	—	再下降
3	—	—	—	下降開始

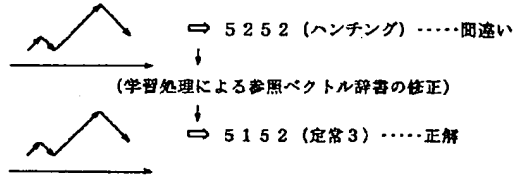
5 2 5 2 定常3

<修正方法2>

a_1	a_2	a_3	a_4	定性表現
5	1	—	—	山型
—	—	5	2	定常3
2	—	—	—	山型
5	2	—	—	ハンチング
6	—	—	—	再下降

ハンチングを定常3に変更

<修正方法3>



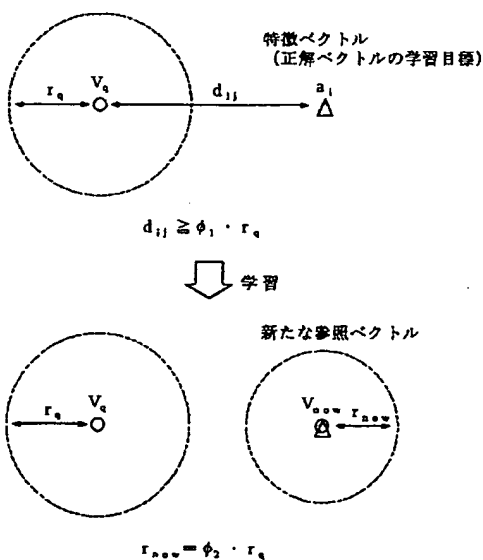
【図14】

類似度 S_{ij} クラス適合度 S_{ik}

特徴ベクトルクラス

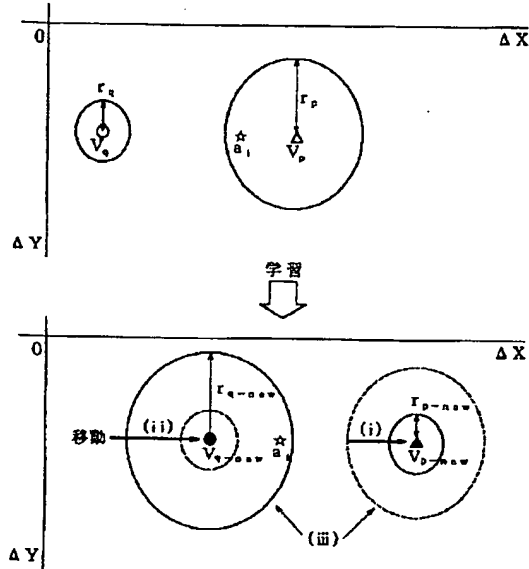
類似度 S_{ij}	クラス適合度 S_{ik}	特徴ベクトルクラス
C_1 V_1 0	C_1 20	特徴ベクトル a_1, a_2, \dots
V_2 20	C_2 50	第1クラス: C^1 2 7
V_3 20	C_3 0	第1適合度: S^1 50 1 5
V_4 50	...	第2クラス: C^2 1 —
V_5 0	...	第2適合度: S^2 20 —
...	...	

【図16】



【図15】

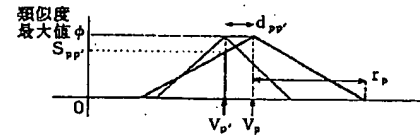
△: 特徴ベクトル a_i の最近傍に存在した参照ベクトル (△: 学習後)
 (○: 誤ったクラスを持つ)
 ○: a_i にとって望ましいクラスを持った参照ベクトル (●: 学習後)
 ☆: 特徴ベクトル a_i



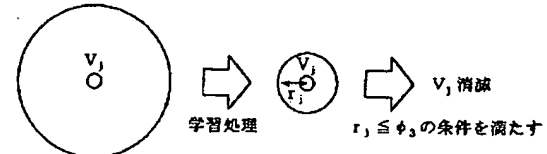
- (i) △は(☆)より遠ざかる方向へ修正。
 (ii) ☆に対する類似度が最も高い○を、☆に近づく方向へ修正。
 (iii) △と選択した○の有する発火領域半径 r は、移動に合わせて一定の比率で縮小/拡大し続ける。

【図17】

(a) 学習処理対象の参照ベクトル間の関係



(b) 発火領域半径 r 基準による消滅



(c) 類似度基準 $S_{pp'}$ による消滅/更新

